

(11)特許出願公開番号

特開平8-125634

(43)公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>

識別記号

室内整理番号

FI

### 技術表示箇所

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

H O 1 S 3/10

$$Z$$

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平6-52296

(22)出願日

平成6年（1994）3月23日

(31)優先權主張番号 9305977.2

(32)優先日 1993年3月23日

(33)優先権主張国 イギリス (GB)

(71)出願人 591277636

ノーザン・テレコム・リミテッド

NORTHERN TELECOM LIMITED

カナダ国、エイチ2ワイ・3ワイ4、ケベック  
モントリオール、エイス・フロア、セイン  
ト・アントワヌ・ストリート・ウエスト  
380、ワールド・トレード・センター・オブ・  
モントリオール

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

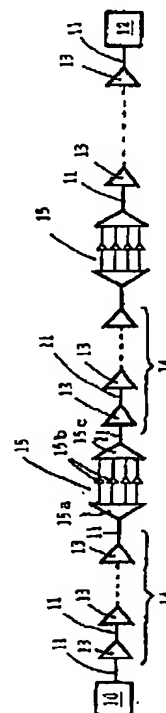
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光増幅器を備えた伝送システム

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、縦続接続された光増幅器の波長による利得の変化の補償を行うことのできる波長分割多重化光信号チャンネルの光伝送システムを提供することを目的とする。

【構成】 1組の波長分割多重化光信号チャンネルがそれぞれ少なくとも1つの信号チャンネルを含む1組の相互に排他的なサブセットから構成され、このシステムは縦続接続された光増幅器14、15を含み、それらの光増幅器は1組の信号チャンネルの全てに共通する伝送路でそれぞれ増幅を行う複数の増幅器14と共に連結されている少なくとも1つの他の増幅器15を含み、この増幅器15は信号チャンネルの各サブセットに割当てられた1組の伝送路でそれぞれ増幅を行う複数の増幅器15bにより構成されてそれによって共通する増幅器14の利得の差を補償していることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 組の波長分割多重化光信号チャンネルの伝送用の光伝送システムにおいて、

前記 1 組の波長分割多重化光信号チャンネルがそれぞれ少なくとも 1 つの信号チャンネルを含む 1 組の相互に排他的なサブセットから構成され、このシステムは縦続接続された光増幅器を含み、それらの光増幅器は 1 組の信号チャンネルの全てに共通する伝送路でそれぞれ増幅を行う複数の増幅器と共に連結されている少なくとも 1 つの他の増幅器を含み、前記他の増幅器は信号チャンネルの各サブセットに割当てられた 1 組の伝送路で増幅を行うことを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 各サブセットが単一の光信号チャンネルから構成される請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 3】 1 組の波長分割多重化光信号チャンネルの伝送用の光伝送システムにおいて、システムが縦続接続された光増幅器を含み、それらの光増幅器は 1 組の信号チャンネルの全てに共通する伝送路でそれぞれ増幅を行う複数の増幅器と、チャンネルがデマルチプレクスされ、前記 1 組のチャンネルの少なくとも 1 つのチャンネルがドロップされて別の信号がその位置に挿入される少なくとも 1 つのドロップおよび挿入増幅器とを具備し、このドロップおよび挿入増幅器において前記 1 組のチャンネルの残されたチャンネルが別々に増幅され、チャンネルを生成する前記少なくとも 1 つの挿入信号と再度多重化されることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 4】 1 組の波長分割多重化光信号チャンネルの伝送用の光伝送システムにおいて、

前記 1 組の波長分割多重化光信号チャンネルはそれぞれ少なくとも 1 つの信号チャンネルを含む相互に排他的な 1 組のサブセットから構成され、システムは縦続接続された光増幅器を含み、それらの光増幅器は信号チャンネルの各サブセットに割当てられている光学的にポンプされた 1 組の増幅伝送路で増幅を行う少なくとも 1 組の縦続接続された光増幅器を含み、前記少なくとも 1 組の光増幅器では波長分割多重化信号はデマルチプレクサにより物理的に分離したチャンネルに分割され、前記物理的に分割されたチャンネルは個別に前記 1 組の伝送路の異なったものに結合され、前記デマルチプレクサは異なった光通路の長さの第 1 の組の導波体のそれぞれと光学的に結合された入力導波体を含み、前記第 1 の組の各伝送路は光学的にポンプされた 1 組の増幅伝送路の異なったものとそれぞれ光学的に結合されている第 2 の組の導波体のそれぞれと光学的に結合され、光学的にポンプされた 1 組の増幅伝送通路の全ての光学的ポンプパワーは第 2 の組の導波体のそれぞれと光学的に結合する付加的な導波体により与えられていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 5】 各サブセットが単一の光信号チャンネル

から構成されている請求項 4 記載の光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、単一の光信号チャンネルが十分な再生を必要とする前に多数の縦続接続された光増幅器を通して伝送されることができると光伝送システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】エルビニウムドープファイバの増幅器のような典型的な光増幅器のスペクトル利得特性は幾つかの波長多重化信号チャンネルの増幅を行うのに十分な幅を有している。しかしながらスペクトル利得特性は十分な使用可能なスペクトル範囲にわたって完全に均一ではない。従ってエルビニウムドープファイバ増幅器はその特性の短波長端部近くでその利得特性に顕著なピークを示す。このような特性を平坦化するフィルタの使用が知られているが、残留したうねりを有する特性を残しがちである。それ故、波長を多重化した信号チャンネルのセットがこのような連結された増幅器を通して伝送されるならば、利得特性の僅かな凹凸と一致するチャンネルは僅かなピークと一致するによる他のチャンネルと同程度には増幅されない。1 増幅器当り非常に小さな利得の差は差が複数の増幅器により乗算されるので増幅器の長い連結によって非常に大きくなる。従って例えば波長  $\lambda_1$  のチャンネルと波長  $\lambda_2$  のチャンネルとの間の 1 増幅器当りの利得に 0.5 dB の差が存在する場合、このような 20 の増幅器の縦続接続を通過した後、両者のチャンネルが同一のパワーを入力される場合には、これらのチャンネルはパワーにおいて 10 dB 異なり、従って雑音の基底レベルに非常に近接する、またはそれより下の弱いチャンネルも生成される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、この問題を改善するため増幅器の縦続接続において利得の補償を達成することを目的とする。本発明は連結の中間点でチャンネルドロップおよび挿入を可能にする便利な方法を提供し、これは容易に利得補償と結合される。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明によると、1 組の波長分割多重化光信号チャンネルの伝送用の光伝送システムにおいて、前記 1 組の波長分割多重化光信号チャンネルがそれぞれ少なくとも 1 つの信号チャンネルを含む 1 組の相互に排他的なサブセットから構成され、このシステムは縦続接続された光増幅器を含み、それらの光増幅器は 1 組の信号チャンネルの全てに共通する伝送路でそれぞれ増幅を行う複数の増幅器と共に連結されている少なくとも 1 つの他の増幅器を含み、前記他の増幅器は信号チャンネルの各サブセットに割当てられた 1 組の伝送路で増幅を行うことを特徴とする光伝送システムが提供される。

3

【0005】本発明によるとまた、1組の波長分割多重化光信号チャンネルの伝送用の光伝送システムにおいて、システムが縦続接続された光増幅器を含み、それらの光増幅器は1組の信号チャンネルの全てに共通する伝送路でそれぞれ増幅を行う複数の増幅器と、チャンネルがデマルチプレクスされ、前記1組のチャンネルの少なくとも1つのチャンネルがドロップされて別の信号がその位置に挿入される少なくとも1つのドロップおよび挿入増幅器とを具備し、このドロップおよび挿入増幅器において前記1組のチャンネルの残されたチャンネルが別々に増幅され、チャンネルを生成する前記少なくとも1つの挿入信号と再度多重化されることを特徴とする光伝送システムが提供される。

【0006】増幅が信号チャンネルの各サブセットに割当てられる伝送通路のセットで行われる光学的ポンプ増幅器を使用するシステムは単一の光ポンプまたはこのようなポンプのグループからの電力出力が伝送通路のセットの全ての部材の間で便宜的に共用されることができるように行われることができ、従って実質的に均一なポンピングを確実にする。本発明の第3の観点によると、1組の波長分割多重化光信号チャンネルの伝送用の光伝送システムにおいて、前記1組の波長分割多重化光信号チャンネルはそれぞれ少なくとも1つの信号チャンネルを含む相互に排他的な1組のサブセットから構成され、システムは縦続接続された光増幅器を含み、それらの光増幅器は信号チャンネルの各サブセットに割当てられている光学的にポンプされた1組の増幅伝送路で増幅を行う少なくとも1組の縦続接続された光増幅器を含み、前記少なくとも1組の光増幅器では波長分割多重化信号はデマルチプレксаにより物理的に分離したチャンネルに分割され、前記物理的に分割されたチャンネルは個別に前記1組の伝送路の異なったものに結合され、前記デマルチプレксаは異なった光通路の長さの第1の組の導波体のそれぞれと光学的に結合された入力導波体を含み、前記第1の組の各伝送路は光学的にポンプされた1組の増幅伝送路の異なったものとそれぞれ光学的に結合されている第2の組の導波体のそれぞれと光学的に結合され、光学的にポンプされた1組の増幅伝送通路の全ての光学的ポンプパワーは第2の組の導波体のそれぞれと光学的に結合する付加的な導波体により与えられていることを特徴とする光伝送システムが提供される。

【0007】

【実施例】好ましい形態で本発明を実施した光伝送システムを添付図面を参照にして以下に説明する。図1の波長分割多重化光伝送システムは単一の光ファイバ伝送路11上の1組の波長が多重化された光信号を受信機12に伝送する送信装置10を有する。この伝送路には例えばエルビウムドープされた光ファイバまたは集積された光フォーマット増幅器のような $n \cdot m$ 個の共通チャンネル光増幅器13の連結が挿入されている。飽和状態で動作さ

4

れるこれらの増幅器は共通のチャンネル増幅器を $m$ 個の直列群14に分離する( $m-1$ )個のチャンネルの分離された光増幅器15のセットの個々の部材の挿入により短い直列群14に分離され、それぞれ、 $n$ 個の共通チャンネル増幅器の連続する直列群を具備する。例示すると、1直列群当たり20の共通チャンネル増幅器が存在し、実際の数は伝送通路11に沿って伝送される波長分割多重化信号の全波長帯域にわたって増幅特性の平坦に関する個々の共通チャンネル増幅器に与えられている限定に関係して原理的に決定される。

【0008】各共通のチャンネル増幅器では入射信号は増幅の成分チャンネルに分離されることなく増幅される。送信装置10は各1つのチャンネルに実質上等しいパワー出力を供給するように構成されている。増幅特性の平坦性の欠如の結果として送信装置の後の第1の共通チャンネル増幅器がそのチャンネルに $x$  dB低い増幅を行うならば、最も増幅するチャンネルに与えられる増幅と比較して少なく増幅され、 $n$ 個の共通チャンネル増幅器の断続的な直列群を信号が通過する時間によって伝送通路11の差動減衰がないと仮定すると、全て同一の増幅特性を有し、少ない増幅のチャンネルの信号強度は最も増幅されたチャンネルの信号強度よりも $n \cdot x$  dB少ない。 $n$ 番目の最後の直列群共通チャンネル増幅器段後、次の増幅がチャンネルの分離された増幅器15で行われる。

【0009】チャンネルの分離された増幅器では入射信号は最初に波長デマルチプレкса15aにより個別のチャンネルに分離される。これらの分離されたチャンネルは1組のセットの増幅器15bのそれぞれに関連する1つによって分離して増幅され、その後全てのチャンネルは伝送用の波長マルチプレкса15cで再結合される。チャンネルのセットがチャンネルのサブセットにグループ化される例では、各サブセットの全てのメンバーの間の個々のチャンネル間隔が非常に近接しているため、差動増幅が無視できる程度であり、この入射信号を分離した増幅のために個々のチャンネルに分離する代りに、これを相互に排他的なチャンネルのサブグループに分割することが有効であり、1以上のサブセットは2以上の近接した波長間隔のチャンネルを有する。

【0010】図2で示されているチャンネルの分離された増幅器15の形態は例えば集積光フォーマット波長マルチプレксаと、整列された導波体格子により相互接続されている放射星形装置を用いるデマルチプレксаとを使用する。このように結合された放射星形装置の動作の一般的原理は例えば文献(C. Dragoneの“Integrated Optics  $N \times N$  Multiplexer on Silicon”、IEEE Photonics Technology Letters、3巻、No. 10、1991年10月、896~899頁)に説明されている。集積された光マルチプレкса15aでは伝送ライン11からの多重化された信号入力は単一の入力導波体151に結合され、これは内部で信

5

号パワーが横方向にファンアウトする平面（1次元）導波体領域152の他方の端部で終端する通常の2次元導波体である。この平面導波体領域152の反対側の側面では光が2次元導波体153のアレイに受入れられる。これらの導波体153はアレイの隣接する導波体の各対の間に同一の増分の光路長差を提供するような形態にされている。この手段により端部で波長依存位相シフトが生成される。これらの端部から光は第2の平面導波体領域154に発射される。波長依存位相シフトの結果として第2の平面導波体領域の収束された光の伝播方向は波長に依存し、異なったチャンネルはこの第2の平面導波体領域の反対側の側面で分離され、ここでこれらは2次元導波体155に分離される。各導波体155は1組のファイバ増幅器15bの関連する1つに結合され、これらのファイバ増幅器の反対側の端部で、分離されたチャンネルはマルチプレクサ15c中で再結合され、このマルチプレクサ15cはデマルチプレクサ15aの構造と同じであるが反対に接続されている。必要ではないが便宜的に個々の増幅器15bは共通の光源から全てポンプされる。図2のデマルチプレクサ15aは付加的な2次元導波体156を含み、その一方の端部は光学的にポンプレーザ157に結合され、他方の端部は第2の平面導波体領域154で終端し、その結果レーザ157からのポンプパワーは全ての2次元導波体155の端部を照射するためにファンアウトする。図2で特に示されているように分離したチャンネル増幅器は共通にポンプされる。これを反対に接続すると反対にポンプされる。代りに両集積回路には双方向にポンプされる増幅器を提供するため導波体156と関連するポンプレーザ157とが設けられることもできる。

【0011】分離したチャンネル増幅器15のポンピングは各個々の増幅器15bが飽和増幅器として動作するように配置されている。従って分離したチャンネル増幅器への入力における種々のチャンネルの間の信号パワーの差は実質的に取除かれ、従って出力において各チャンネルのパワーは実質上等しくされる。従って緊急信号は分離

6

したチャンネル増幅器を使用することが所望になる前にn個の共通チャンネル増幅器の直列群により増幅されることができる。

【0012】図1の変形では1以上の分離したチャンネル増幅器15がドロップおよび挿入増幅器16により個別に置換される。このようなドロップおよび挿入増幅器16は特殊な形態のチャンネルの分離された増幅器であり、図1、2のチャンネルの分離された増幅器と同様にデマルチプレクサ15aと、1組の増幅器15bと、マルチプレクサ15cとを具備する。これは単なる異なった相互接続である。図1、2のチャンネルの分離された増幅器ではデマルチプレクサ15aにより出力されたデマルチプレクスされたチャンネルはそれぞれ関連する増幅器15bを介してマルチプレクサ15cに供給され、一方、図3のドロップおよび挿入増幅器16の場合、デマルチプレクサにより出力された少なくとも1つのデマルチプレクスされたチャンネルは特定のチャンネルと関連する出力ポート16dに供給され、一方入力ポート16eはこのチャンネルの異なった信号に対してデマルチプレクサ15cへの1つの入力を提供する。このドロップおよび挿入増幅器16では、デマルチプレクサが全てのチャンネルに対して共通のポンプとして配置されている1つのポンプ源157を有する図2で特別に示されている構造であるならば、出力ポート16dで生じるドロップされたチャンネルは増幅された出力である。同様に入力ポート16eに供給される挿入信号はマルチプレクサ15cが共通の反対方向のポンピング用に配置されているタイプであるならば増幅される。

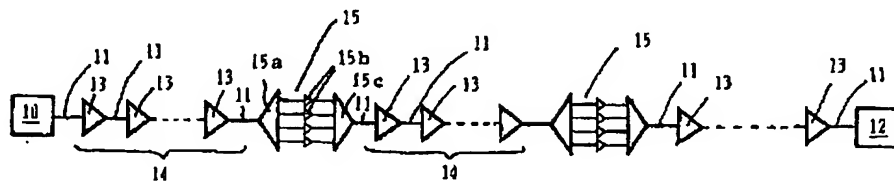
【図面の簡単な説明】

【図1】多数の共通のチャンネル増幅器の間に挿入された複数のチャンネルの分離された光増幅器を具備する光増幅器の連結を具備する波長分割多重化光伝送システムのブロック図。

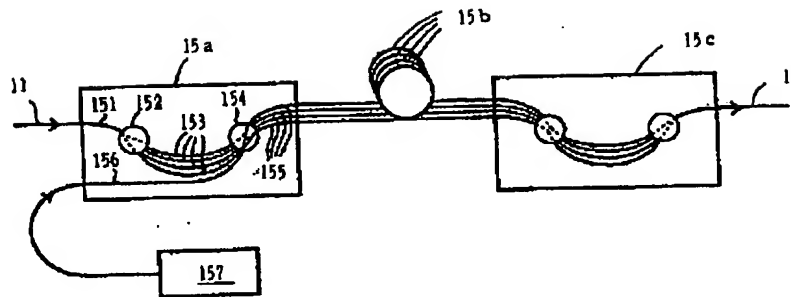
【図2】図1のシステムの1つのチャンネルの分離された光増幅器のブロック図。

【図3】ドロップおよび挿入増幅器のブロック図。

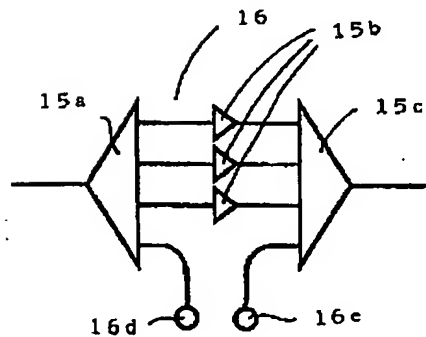
【図1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 ポール・アンソニー・カークバイ  
イギリス国、シーエム17・0ビービー、エ  
セックス、オールド・ハーロウ、セイン  
ト・ジョンズ・アベニュー 42

(72)発明者 リチャード・エドワード・エプワース  
イギリス国、シーエム21・0ビーディー、  
ハートフォードシャー、ソープリッジワー  
ス、ピシオベリー・ドライブ、セイナー・  
ミューズ 18